

OBJECTIVE LENS

Patent Number: JP8234099
Publication date: 1996-09-13
Inventor(s): KUBO WATARU;; MARUYAMA KOICHI;; TAKISHIMA TAKASHI
Applicant(s): ASAHI OPTICAL CO LTD
Requested Patent: ☐ JP8234099
Application Number: JP19950346753 19951213
Priority Number(s):
IPC Classification: G02B13/18; G02B13/00
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PURPOSE: To provide an objective lens with which the relieving of the accuracy required at the time of assembling this objective lens to an optical head is possible and spot performance is less deteriorated even when the optical axis of the objective lens inclines with the disk during the operation of an optical disk device.

CONSTITUTION: The spherical aberrations of the objective lens L for converging a laser beam onto the recording surface of the optical disk provided with a transparent protective layer D on its front surface are corrected as a system inclusive of the protective layer D and the sine condition offence quantity OSC is so set as to coincide with the spherical aberrations of the lens alone without including the protective layer D. The objective lens is so formed as to satisfy the conditions $0.5 \sin^2 \alpha / (n^2 - \sin^2 \alpha) \cdot T \leq 1.5$, where (n) is the refractive index of the protective layer, NA is a numerical aperture and T is the thickness of the protective layer.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-234099

(43) 公開日 平成8年(1996)9月13日

(51) Int. Cl. ⁶
G02B 13/18
13/00

識別記号 庁内整理番号

F I
G02B 13/18
13/00

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 3 F D (全10頁)

(21) 出願番号 特願平7-346753

(22) 出願日 平成7年(1995)12月13日

(31) 優先権主張番号 特願平6-333159

(32) 優先日 平6(1994)12月14日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000000527

旭光学工業株式会社

東京都板橋区前野町2丁目36番9号

(72) 発明者 久保 渉

東京都板橋区前野町2丁目36番9号 旭光学工業株式会社内

(72) 発明者 丸山 晃一

東京都板橋区前野町2丁目36番9号 旭光学工業株式会社内

(72) 発明者 滝島 俊

東京都板橋区前野町2丁目36番9号 旭光学工業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 松岡 修平

(54) 【発明の名称】 対物レンズ

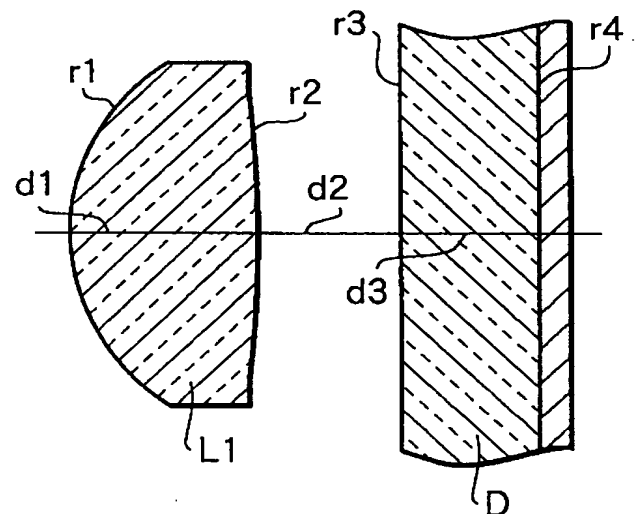
(57) 【要約】

【課題】 光ヘッドに対物レンズを組み付ける際に要求される精度を緩和することができ、しかも、光ディスク装置の作動中に対物レンズの光軸がディスクに対して傾いた場合にもスポット性能の劣化が小さい対物レンズを提供することを目的とする。

【解決手段】 表面に透明な保護層Dが設けられた光ディスクの記録面にレーザー光を収束させる対物レンズLにおいて、球面収差については保護層Dを含めた系として補正されると共に、正弦条件違反量OSCについては保護層Dを含めないレンズ単独の球面収差に一致するよう設定され、以下の条件を満たすことを特徴とする。

$$0.5 < OSC / [-((1/n) - \sqrt{(1 - \sin^2 \alpha) / (n^2 - \sin^2 \alpha)}) \cdot T] < 1.5$$

ただし、nは保護層の屈折率、NAは開口数、Tは保護層の厚さである。



【特許請求の範囲】

【請求項1】表面に透明な保護層が設けられた光記録媒体の記録面に光束を収束させる対物レンズにおいて、球面収差については前記保護層を含めた系として補正されると共に、正弦条件違反量OSCについては前記保護層を含まないレンズ単独の球面収差にほぼ一致するように設定され、有効径の70%の高さでレンズを透過する光線に対し、以下の条件を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$0.5 < OSC / [-((1/n) - \sqrt{(1 - \sin^2 \alpha) / (n^2 - \sin^2 \alpha)}) \cdot T] < 1.5$$

ただし、nは保護層の屈折率、 α はレンズを射出した光線とレンズ光軸とのなす角度、Tは保護層の厚さである。

【請求項2】前記有効径の100%の高さでレンズを透過する光線に対し、前記条件を満たすことを特徴とする請求項1に記載の対物レンズ。

【請求項3】軸上から前記有効径の100%の高さまでの範囲内のいずれの高さでレンズを透過する光線に対しても、前記条件を満たすことを特徴とする請求項1に記載の対物レンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、表面に保護層が設けられた光ディスク等の光記録媒体に対して光束を収束させる光ディスク装置等の光情報記録再生装置の対物レンズに関する。

【0002】

【従来の技術】コンパクトディスクや光磁気ディスク等の光記録媒体には、信号が記録される記録層を保護するために透明なガラス、あるいはプラスチックから成る保護層が形成されている。光ディスク装置の対物レンズは、記録層に情報を記録し、あるいは記録された情報を再生するため、レーザー光をこの保護層を介して記録層に収束させる。

【0003】従来の対物レンズ、例えば特開昭61-56314号公報に開示される両面非球面単レンズは、光ディスクの保護層を含めて単一の系として収束性能が良好となるよう球面収差、コマ収差等の収差が補正されている。保護層は光学素子としてみれば平行平板であり、したがって、従来の対物レンズは、収束レンズと平行平板とを組み合わせた系として収差が補正されていることとなる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来のように保護層を含めてコマ収差を補正した場合、レンズ単独の系としてみると球面収差、コマ収差が共に残存しているため、対物レンズが傾いて対物レンズの光軸がディスクに対して垂直でなくなると、対物レンズが単体で持つコマ収差により記録面上に形成されるスポットの径

が拡大し、情報の取りこぼし等のエラーを生じる可能性が高くなる。

【0005】コマ収差によるスポット径の変化は、ディスク、対物レンズ、入射光束の三者の位置関係に依存する。従来の設計では、ディスクと対物レンズとの位置関係が設計値通りであれば、入射光束が対物レンズに対して傾いた場合にも設計値通りのスポット径が得られるが、ディスクに対して対物レンズが傾いた場合にはスポット径が急激に拡大する。

【0006】したがって、従来の対物レンズを光ヘッドに組み付ける際には、対物レンズの光軸が予定されるディスク面に対して垂直となるよう微小な対物レンズの姿勢を厳密に調整する必要があり、調整作業が煩雑となるという問題がある。

【0007】また、実際に光ディスク装置が作動する場合には、対物レンズと光ディスクとは全く別の系として独立に変位するため、例えば、対物レンズを駆動するアクチュエータの機構上の理由によりトラッキング時やフォーカシング時に対物レンズが傾いた場合には、たとえ対物レンズが静止状態で正確に調整されていたとしても、対物レンズの光軸がディスクに対して一時的に傾き、大きなコマ収差が発生するという問題がある。

【0008】この発明は、上述した従来技術の課題に鑑みてなされたものであり、光ヘッドに対物レンズを組み付ける際に要求される精度を緩和することができ、しかも、光ディスク装置の作動中に対物レンズの光軸がディスクに対して傾いた場合にも発生するコマ収差の量を抑えることができる対物レンズを提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】この発明にかかる対物レンズは、上記の目的を達成させるため、表面に透明な保護層が設けられた光記録媒体の記録面に光束を収束させる対物レンズにおいて、球面収差については保護層を含めた系として補正すると共に、コマ収差については保護層を含まずに単独の系として補正したことを特徴とする。

【0010】球面収差が0に補正されている系では、正弦条件を満たすことにより、コマ収差を補正することができる。一方、球面収差が残存する系では、正弦条件違反量OSCと球面収差SAとが等しい場合に、コマ収差を補正することができる。正弦条件違反量OSCの値は、平行平板である保護層には左右されず、レンズの構成のみにより決定される。

【0011】この発明では、球面収差については、レンズと保護層とを含めた系として補正されているため、レンズ単独では球面収差が残存している。この残存しているレンズ単独の球面収差SAに、正弦条件違反量OSCをほぼ一致させることにより、コマ収差をレンズ単独で補正することができる。

【0012】保護層を含めた全系の球面収差が抑えられていることを前提とすると、レンズ単独の球面収差 SAL は、平行平板である保護層により発生する球面収差 SAD を打ち消すだけの値、すなわち $SAD + SAL = 0$ になるような値をとることが要求される。ここで、保護層の球面収差 SAD は以下の式により求められる。

$$SAD = ((1/n) - \sqrt{(1 - \sin^2 \alpha)/(n^2 - \sin^2 \alpha)}) \cdot T$$

【0013】 α はレンズを射出した光線とレンズの光軸とのなす角度、 n 、 T はそれぞれ保護層の屈折率と厚さである。したがって、球面収差が完全に補正されている場合には、レンズ単独の球面収差 SAL は、以下の式で表される。

$$SAL = -((1/n) - \sqrt{(1 - \sin^2 \alpha)/(n^2 - \sin^2 \alpha)}) \cdot T$$

【0014】このレンズ単独の球面収差 SAL と正弦条件違反量 OSC とを一致させることにより、レンズ単独のコマ収差を 0 にすることができる。ただし、全系の球面収差は必ずしも完全に補正される必要はなく、また、レンズ単独の球面収差 SAL と正弦条件違反量 OSC とも必ずしも完全に一致する必要はなく、所定の範囲内であればレンズの倒れによる性能劣化を抑えることができる。そこで、この発明の対物レンズは、有効径の 70% の高さでレンズを透過する光線に対し、以下の条件を満たすことを特徴とする。

$$【0015】0.5 < OSC / [-((1/n) - \sqrt{(1 - \sin^2 \alpha)/(n^2 - \sin^2 \alpha)}) \cdot T] < 1.5$$

【0016】ただし、 α はレンズを射出した光線とレンズの光軸とのなす角度、 n は保護層の屈折率、 T は保護層の厚さである。

【0017】上記の条件の下限を下回る場合には、レンズが倒れた際のコマ収差の劣化が大きくなる。また、上限を越える場合には、レンズが倒れた場合のコマ収差が大きくなると共に、倒れない場合にも軸外コマ収差が大きくなる。

【0018】

【発明の実施形態】以下、この発明にかかる対物レンズの実施形態を 3 つの実施例に基づいて説明する。実施例 1 および実施例 3 の対物レンズは非球面単レンズであり、実施例 2 の対物レンズは 3 群 3 枚構成の球面レンズである。いずれの実施例においても、球面収差については対物レンズと光ディスクの保護層とを含めた系として補正され、コマ収差については保護層を含めずに対物レンズ単独の系として補正されている。

【0019】

【実施例 1】図 1 は、実施例 1 にかかる対物レンズ $L1$ と光ディスクの保護層 D とを示す。実施例 1 の具体的な数値構成は、表 1 に示される。表中、 NA はレンズの開口数、 f は焦点距離、 ω は半画角、 fb はレンズ単独でのバックフォーカス、 r は曲率半径、 d はレンズ厚若し

くは空気間隔、 n_{780} は波長 780nm での屈折率、 ν はアッベ数、 nd は d-line (588nm) での屈折率である。面番号 1, 2 が対物レンズ L 、面番号 3, 4 が保護層 D を示す。

【0020】実施例 1 の対物レンズ $L1$ は、両面が非球面で構成される。非球面は、光軸からの高さが Y となる非球面上の座標点の非球面頂点の接平面からの距離 (サグ量) を X 、非球面頂点の曲率 ($1/r$) を C 、円錐係数を K 、4 次、6 次、8 次、10 次の非球面係数を $A4$, $A6$, $A8$, $A10$ として、以下の式で表される。なお、表 1 における非球面の曲率半径は、非球面頂点の曲率半径であり、これらの面の円錐係数、非球面係数は表 2 に示される。

【0021】

$$【数 1】X = CY^2 / (1 + \sqrt{1 - (1 + K) C^2 Y^2}) + A4 Y^4 + A6 Y^6 + A8 Y^8 + A10 Y^{10}$$

【0022】

【表 1】

面番号	r	d	n_{780}	ν	nd
1	1.808	1.630	1.53677	55.6	1.54358
2	-10.366	1.299			
3	∞	1.200	1.57346	29.9	1.58547
4	∞				

【0023】

【表 2】

第 1 面

$$K = -0.51000$$

$$A4 = 0.21010 \times 10^{-2}$$

$$A6 = -0.19669 \times 10^{-3}$$

$$A8 = -0.27197 \times 10^{-4}$$

$$A10 = -0.70000 \times 10^{-4}$$

第 2 面

$$K = 0.00000$$

$$A4 = 0.18989 \times 10^{-1}$$

$$A6 = -0.90709 \times 10^{-2}$$

$$A8 = 0.20662 \times 10^{-2}$$

$$A10 = -0.19606 \times 10^{-3}$$

【0024】図 2 (A) は、実施例 1 の構成による対物レンズ $L1$ と保護層 D とを含めた系における球面収差 SAS と正弦条件違反量 OSC とを示すグラフ、図 2 (B) はレンズ単独の球面収差 SAL と正弦条件違反量 OSC とを示すグラフである。全系の球面収差 SAS は、保護層 D を含めて補正されているため、図 2 (A) に示されるように殆ど発生していないが、正弦条件違反量 OSC は図 2 (B) に示されるようにレンズ単独の球面収差 SAL にほぼ一致するよう定められている。すなわち、コマ収差は、レンズ単独として補正されており、保護層 D を含めた全系としては補正されていない。

【0025】表 3 は、実施例 1 の対物レンズに入射する光線の高さを有効径 (最大高さ) の 1 倍 ~ 0.1 倍の範囲で 10 段階に分け、各高さの光線に対する $\sin \alpha$ の値、正弦条件違反量 OSC 、保護層単独の球面収差 SAD の正負を反転した値 $-SAD$ (全系の球面収差が完全に補正されている場合にはレンズ単独の球面収差 SAL に一致する)、 OSC の $-SAD$ に対する比 (条件式の値) をそれ

ぞれ示す。実施例 1 では、 $-OSC/SAD$ の値は約 0.58 ~ 1.16 の範囲に分布しており、有効径の 70 % の高さにおける値は約 1.05 となっている。

保護層の厚さ 1.2 有効径 1.65

相対高さ	光線高	$\sin \alpha$	OSC	-SAD	-OSC/SAD
1.0	1.650	0.5484	-0.0917	-0.0823	1.1141
0.9	1.485	0.4935	-0.0745	-0.0642	1.1608
0.8	1.320	0.4387	-0.0553	-0.0491	1.1267
0.7	1.155	0.3838	-0.0383	-0.0366	1.0479
0.6	0.990	0.3290	-0.0249	-0.0262	0.9492
0.5	0.825	0.2742	-0.0152	-0.0179	0.8506
0.4	0.660	0.2193	-0.0086	-0.0113	0.7637
0.3	0.495	0.1645	-0.0044	-0.0063	0.7029
0.2	0.330	0.1097	-0.0018	-0.0028	0.6524
0.1	0.165	0.0548	-0.0004	-0.0007	0.5828

【0027】次に、上記実施例 1 の対物レンズの光軸のディスクに対する傾きと傾きにより発生する波面収差との関係を、保護層を含めてコマ収差を補正した比較例 1 のレンズと比較して説明する。比較例 1 についての具体的な数値は示さないが、比較例 1 は両面非球面の単レンズであり、実施例 1 と開口数 NA、焦点距離 f 、半画角 ω 等の仕様は共通であり、正弦条件違反量 OSC がレンズ単独の球面収差 SAL ではなく全系の球面収差 SAS に一致するように定められている点のみが実施例と異なる。

【0028】対物レンズの傾き角度は、図 3 に示されるように、対物レンズ L1 の最も光源側(光ディスクから最も遠い側)の面と光軸 O との交点 P0 を回転中心とした際の対物レンズの光軸 O と光ディスクの法線 N とのなす角度 θ として定義される。

【0029】実施例 1、比較例 1 における対物レンズの傾きと波面収差との関係は、図 4 に示される。図 4 は、横軸に対物レンズの傾き角度 LENS TILT (単位 degree)、縦軸に波面収差の発生量 WFA を rms (二乗平均) で表した値をとり、相互の関係を示すグラフである。

【0030】対物レンズの傾きがなく、対物レンズの光軸に対して保護層が垂直な場合には、光束はレンズの光軸と平行に入射するため、比較例 1、実施例 1 共にコマ収差は発生しない。実施例 1 と比較例 1 とはコマ収差以外の点については同一の仕様であるため、コマ収差が発生していない場合の波面収差の量は互いに等しい。傾き角度が増加すると、いずれの場合にも波面収差の量は増加するが、実施例の方が比較例より増加の度合いが小さいため、収差の総量は実施例の方が比較例より少ない。

【0031】対物レンズの光軸が保護層に対して傾いた場合、比較例では補正の前提となっている対物レンズと保護層との位置関係が崩れるため、対物レンズが単体で持つコマ収差により大きな波面収差が発生する。一方、実施例の場合には、対物レンズのコマ収差はそれぞれ単独で補正されているため、対物レンズが傾いた場合にもコマ収差は殆ど発生しない。したがって、結果的に現れる波

【0026】

【表 3】

面収差の量は、比較例より実施例の方が小さくなる。

【0032】なお、実施例 1 における波面収差の劣化は、主として非点隔差によるものである。比較例においても非点隔差による波面収差は発生しているが、コマ収差の発生量の方が圧倒的に大きいため、その影響は目立たない。

【0033】図 5 は、実施例 1 の対物レンズの光軸 O がディスクの法線 N に対して 0.5° 傾いた際の波面収差を波面全体に亘って 3 次元的に表示したグラフである。図中の X 軸は、図 3 に示されるディスクの保護層 D の法線 N と平行でスポット中心を通る軸、Y、Z 軸は X 軸に垂直な面内で互いに直交する軸であり、図 5 は、レンズの光軸 O が X-Y 平面内で法線 N に対して 0.5° 傾いた場合の波面を示す。図 6 (A) は、図 5 に示される波面の X-Y 平面内での変化を示すグラフ、(B) は X-Z 平面内での変化を示すグラフである。傾き 0.5° における実施例 1 の波面収差量は、rms 値で約 0.011 λ である。

【0034】図 7 は、比較例 1 の対物レンズの光軸 O がディスクの法線 N に対して 0.5° 傾いた際の波面収差を波面全体に亘って 3 次元的に表示したグラフであり、図 8 (A) はその X-Y 平面内での変化を示すグラフ、(B) は X-Z 平面内での変化を示すグラフである。傾き 0.5° における比較例 1 の波面収差量は、rms 値で約 0.060 λ である。なお、図 7、図 8 の X 軸で示される収差量のスケールは、対応する実施例 1 の値を示す図 5、図 6 の X 軸で示される収差量のスケールに対して 5 倍粗い精度で表示されている。

【0035】

【実施例 2】図 9 は、実施例 2 の対物レンズ L2、L3、L4 と光ディスクの保護層 D とを示す。実施例 2 の対物レンズは、図中左側となる光源側から正、負、正の順に配列した 3 枚の球面レンズ L2、L3、L4 から構成される。実施例 2 の具体的な数値構成は、以下の表 4 に示されている。

【0036】

【表4】

NA = 0.45 f = 4.50 $\omega = 0.4^\circ$ fb = 3.11					
面番号	r	d	n780	ν	nd
1	6.625	1.100	1.78565	25.4	1.80518
2	210.236	0.400			
3	-5.588	1.100	1.65947	32.1	1.67270
4	-12.197	0.050			
5	4.385	1.500	1.78565	25.4	1.80518
6	-69.206	2.345			
7	∞	1.200	1.57346	29.9	1.58547
8	∞				

【0037】図10(A)は、実施例2の構成による対物レンズLと保護層Dとを含めた系における球面収差SAと正弦条件違反量OSCとを示すグラフ、図10(B)

保護層の厚さ 1.2 有効径 2.03

相対高さ	光線高	$\sin \alpha$	OSC	-SAD	-OSC/SAD
1.0	2.030	0.4511	-0.0695	-0.0523	1.3298
0.9	1.827	0.4060	-0.0474	-0.0413	1.1469
0.8	1.624	0.3609	-0.0323	-0.0320	1.0101
0.7	1.421	0.3158	-0.0218	-0.0240	0.9066
0.6	1.218	0.2707	-0.0144	-0.0174	0.8278
0.5	1.015	0.2256	-0.0091	-0.0119	0.7630
0.4	0.812	0.1804	-0.0054	-0.0076	0.7147
0.3	0.609	0.1353	-0.0029	-0.0042	0.6878
0.2	0.406	0.0902	-0.0012	-0.0019	0.6440
0.1	0.203	0.0451	-0.0003	-0.0005	0.6462

【0040】次に、上記実施例2の対物レンズの光軸のディスクに対する傾きと傾きにより発生する波面収差との関係を、保護層を含めてコマ収差を補正した比較例2のレンズと比較して説明する。比較例2は、実施例2と共通の仕様を持つ球面の3群3枚レンズであり、正弦条件違反量OSCがレンズ単独の球面収差SALではなく全系の球面収差SASに一致するように定められている点のみが実施例2と異なる。

【0041】対物レンズの傾き角度は、図11に示されるように、対物レンズの最も光源側(光ディスクから最も遠い側)の面と光軸Oとの交点P1を回転中心とした際の対物レンズの光軸Oと光ディスクの法線Nとのなす角度 θ として定義される。

【0042】実施例2、比較例2における対物レンズの傾きと波面収差との関係は、図12に示される。図12は、図4と同様に対物レンズの傾き角度と波面収差の発生量WFAとの関係を示すグラフである。

【0043】対物レンズの傾きがなく、対物レンズの光軸に対して保護層が垂直な場合には、比較例2、実施例2共にコマ収差による波面収差は発生せず、波面収差の量は等しい。傾き角度が増加すると、いずれの場合にも波面収差の量は増加するが、実施例の方が比較例より増加の度合いが小さいため、収差の総量は実施例の方が比

はレンズ単独の球面収差SALと正弦条件違反量OSCとを示すグラフである。全系の球面収差SASは、保護層Dを含めて補正され、正弦条件違反量OSCはレンズ単独の球面収差SALにはほぼ一致するように定められている。

【0038】表5は、実施例2の対物レンズに入射する各高さの光線に対する $\sin \alpha$ 、OSC、-SAD、-OSC/SADの値をそれぞれ示す。実施例2では、-OSC/SADの値は約0.64~1.33の範囲に分布しており、有効径の70%の高さにおける値は約0.91となっている。

【0039】

【表5】

較例より少ない。

【0044】図13は、実施例2の対物レンズの光軸Oがディスクの法線Nに対して 0.5° 傾いた際の波面収差を波面全体に亘って3次元的に表示したグラフであり、図14(A)は、そのX-Y平面内での変化を示すグラフ、(B)はX-Z平面内での変化を示すグラフである。傾き 0.5° における実施例2の波面収差量は、rms値で約0.017 λ である。

【0045】図15は、比較例2の対物レンズの光軸Oがディスクの法線Nに対して 0.5° 傾いた際の波面収差を波面全体に亘って3次元的に表示したグラフであり、図16(A)はそのX-Y平面内での変化を示すグラフ、(B)はX-Z平面内での変化を示すグラフである。傾き 0.5° における比較例2の波面収差量は、rms値で約0.025 λ である。なお、図15、図16のX軸で示される収差量のスケールは、対応する実施例2の値を示す図13、図14のX軸で示される収差量のスケールに対して5倍粗い精度で表示されている。

【0046】

【実施例3】図17は、実施例3の対物レンズL5と光ディスクの保護層Dとを示す。実施例3の対物レンズは、実施例1と同様1枚の両面非球面レンズから構成される。ただし、保護層Dの厚さが上記各実施例の半分の

0.6mmである。実施例3の具体的な数値構成は、以下の表6に示されている。表中の符号n650は、波長650nmにおける屈折率である。また、実施例3の非球面係数は、表7に示されている。

【0047】

【表6】

NA = 0.60 f = 3.00 $\omega = 1.7^\circ$ fb = 1.88					
面番号	r	d	n650	ν	nd
1	1.814	1.930	1.54082	55.6	1.54358
2	-9.628	1.500			
3	∞	0.600	1.58030	29.9	1.58547
4	∞				

【0048】

【表7】

第1面	第2面
K = -0.36000	K = 0.00000
A4 = -0.22800 $\times 10^{-2}$	A4 = 0.20290 $\times 10^{-1}$
A6 = -0.39300 $\times 10^{-3}$	A6 = -0.53200 $\times 10^{-2}$
A8 = -0.66100 $\times 10^{-4}$	A8 = 0.12900 $\times 10^{-2}$

保護層の厚さ 0.6 有効径 1.80

相対高さ	光線高	$\sin \alpha$	OSC	-SAD	-OSC/SAD
1.0	1.800	0.6000	-0.0534	-0.0514	1.0397
0.9	1.620	0.5400	-0.0406	-0.0397	1.0236
0.8	1.440	0.4800	-0.0307	-0.0301	1.0200
0.7	1.260	0.4200	-0.0226	-0.0223	1.0147
0.6	1.080	0.3600	-0.0160	-0.0159	1.0060
0.5	0.900	0.3000	-0.0108	-0.0108	1.0010
0.4	0.720	0.2400	-0.0068	-0.0068	1.0033
0.3	0.540	0.1800	-0.0038	-0.0038	1.0110
0.2	0.360	0.1200	-0.0017	-0.0017	1.0279
0.1	0.180	0.0600	-0.0004	-0.0004	0.9732

【0052】実施例3の対物レンズの光軸のディスクに対する傾きと、傾きにより発生する波面収差との関係は、実施例1のデータと共に図4に示される。両面非球面単レンズである比較例1と比較すると、実施例3の方が波面収差の総量が少ない。

【0053】図19は、実施例3の対物レンズの光軸Oがディスクの法線Nに対して 0.5° 傾いた際の波面収差を波面全体に亘って3次元的に表示したグラフであり、図20の(A)は、図19に示される波面のX-Y平面内での変化を示すグラフ、(B)はX-Z平面内での変化を示すグラフである。傾き 0.5° における実施例3の波面収差量は、rms値で約 0.011λ である。

【0054】いずれも実施例の方が比較例より波面のうねりが小さいこと、すなわち波面収差の発生量が小さいことが理解できる。波面のうねりが小さいほど、すなわち波面収差が少ないほど、記録面上に収束されるスポットの径を小さくすることができるため、実施例によれば、ディスクに対して対物レンズが傾いた場合にも、スポットの径を比較例より小さく保つことができ、書き込

A10 = -0.18500 $\times 10^{-4}$

A10 = -0.11500 $\times 10^{-3}$

【0049】図18(A)は、実施例3の構成による対物レンズL5と保護層Dとを含めた系における球面収差SASと正弦条件違反量OSCとを示すグラフ、図18(B)はレンズ単独の球面収差SALと正弦条件違反量OSCとを示すグラフである。全系の球面収差SASは、保護層Dを含めて補正され、正弦条件違反量OSCはレンズ単独の球面収差SALにほぼ一致するように定められていることが理解できる。

【0050】表8は、実施例3の対物レンズに入射する各高さの光線に対する $\sin \alpha$ 、OSC、-SAD、-OSC/SADの値をそれぞれ示す。実施例3では、-OSC/SADの値は約 $0.97 \sim 1.04$ の範囲に分布しており、有効径の70%の高さにおける値は約1.01となっている。

【0051】

【表8】

みエラーや読み取りエラーが発生する可能性を小さくすることができる。

【0055】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、対物レンズの光軸が光ディスクに対して傾いた場合にも光ディスクの記録面に結像されるスポットの波面収差を小さく抑えることができ、スポット径の拡大を防ぎ、情報の取りこぼしを生じる可能性を小さくすることができる。

【0056】したがって、対物レンズを光ヘッドに組み付ける際の組み付け精度を緩和することにより調整に要する時間、コストを低減でき、しかも、対物レンズを駆動するアクチュエータの機構、構造によらず、光ディスク装置の作動中に対物レンズの光軸が光ディスクに対して傾いた場合にも、スポット性能の劣化が小さく読み取り性能の良い対物レンズを提供することができる。

【0057】また、対物レンズの傾きに対するスポット性能の劣化が小さいことから、レンズの傾きに対する許容量が大きくなるため、フォーカシング用、トラッキン

グ用のアクチュエータの機構精度が緩和され、構成の簡素化が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施例1の対物レンズを示すレンズ図である。

【図2】 (A)は実施例1の対物レンズの保護層を含めた球面収差SAsと正弦条件違反量OSCとを示すグラフ、(B)は実施例1の対物レンズ単独の球面収差SALと正弦条件違反量OSCとを示すグラフである。

【図3】 実施例1の対物レンズの光軸に対してディスクが傾いた状態を示すレンズ図である。

【図4】 実施例1, 3および比較例1における傾き角度と波面収差の発生量との関係を示すグラフである。

【図5】 実施例1の対物レンズの光軸がディスクに対して0.5°傾いた際の波面収差を示す3次元表示グラフである。

【図6】 (A)は、図5に示される波面のX-Y平面内での変化を示すグラフ、(B)はX-Z平面内での変化を示すグラフである。

【図7】 比較例1の対物レンズの光軸がディスクに対して0.5°傾いた際の波面収差を示す3次元表示グラフである。

【図8】 (A)は、図7に示される波面のX-Y平面内での変化を示すグラフ、(B)はX-Z平面内での変化を示すグラフである。

【図9】 実施例2の対物レンズを示すレンズ図である。

【図10】 (A)は実施例2の対物レンズの保護層を含めた球面収差SAsと正弦条件違反量OSCとを示すグラフ、(B)は実施例2の対物レンズ単独の球面収差SALと正弦条件違反量OSCとを示すグラフである。

【図11】 実施例2の対物レンズの光軸に対してディ

スクが傾いた状態を示すレンズ図である。

【図12】 実施例2および比較例2における傾き角度と波面収差の発生量との関係を示すグラフである。

【図13】 実施例2の対物レンズの光軸がディスクに対して0.5°傾いた際の波面収差を示す3次元表示グラフである。

【図14】 (A)は、図13に示される波面のX-Y平面内での変化を示すグラフ、(B)はX-Z平面内での変化を示すグラフである。

【図15】 比較例2の対物レンズの光軸がディスクに対して0.5°傾いた際の波面収差を示す3次元表示グラフである。

【図16】 (A)は、図15に示される波面のX-Y平面内での変化を示すグラフ、(B)はX-Z平面内での変化を示すグラフである。

【図17】 実施例3の対物レンズを示すレンズ図である。

【図18】 (A)は実施例3の対物レンズの保護層を含めた球面収差SAsと正弦条件違反量OSCとを示すグラフ、(B)は実施例3の対物レンズ単独の球面収差SALと正弦条件違反量OSCとを示すグラフである。

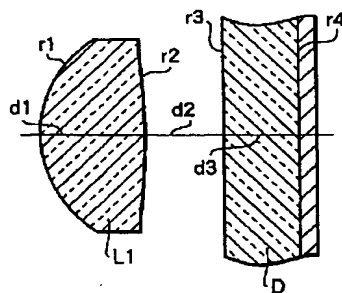
【図19】 実施例3の対物レンズの光軸がディスクに対して0.5°傾いた際の波面収差を示す3次元表示グラフである。

【図20】 (A)は、図19に示される波面のX-Y平面内での変化を示すグラフ、(B)はX-Z平面内での変化を示すグラフである。

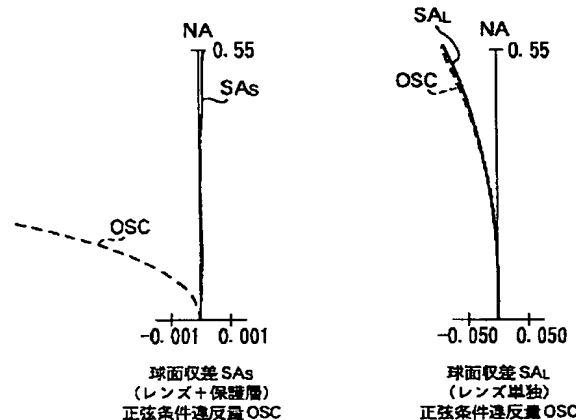
【符号の説明】

- L1 対物レンズ(実施例1)
- L2, L3, L4 対物レンズ(実施例2)
- L5 対物レンズ(実施例3)
- D 保護層

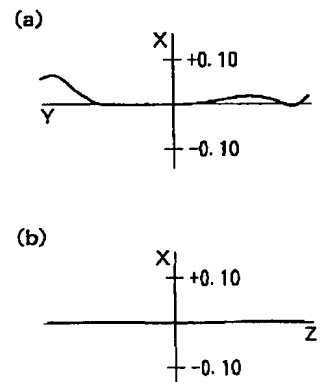
【図1】



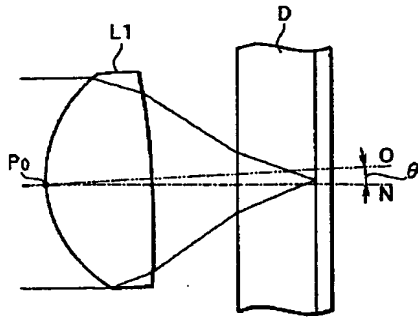
【図2】



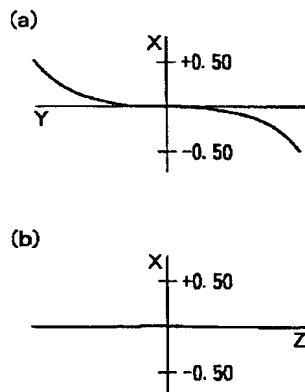
【図6】



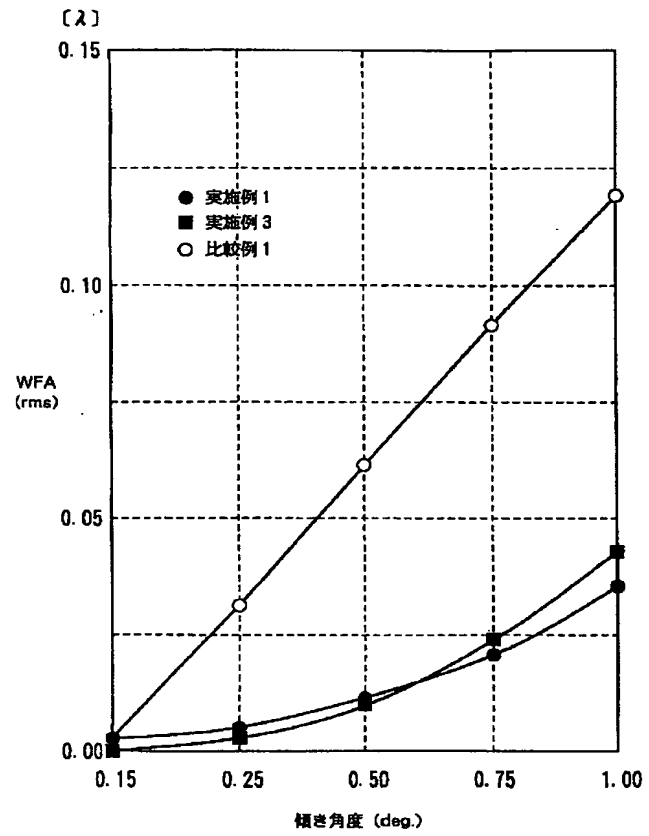
【図3】



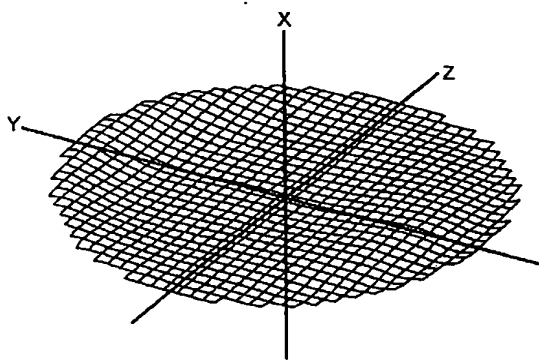
【図8】



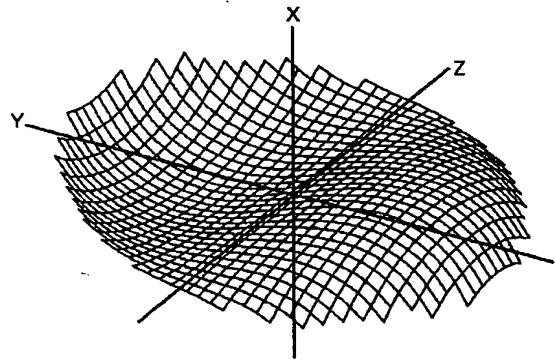
【図4】



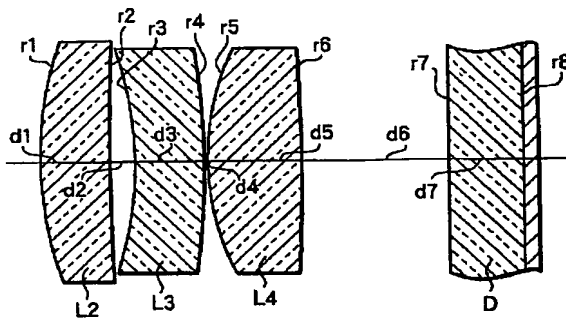
【図5】



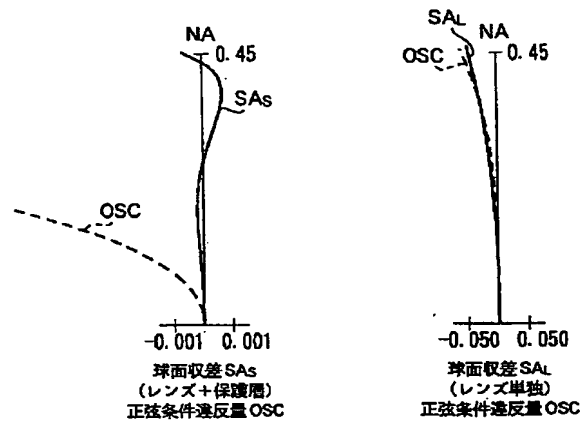
【図7】



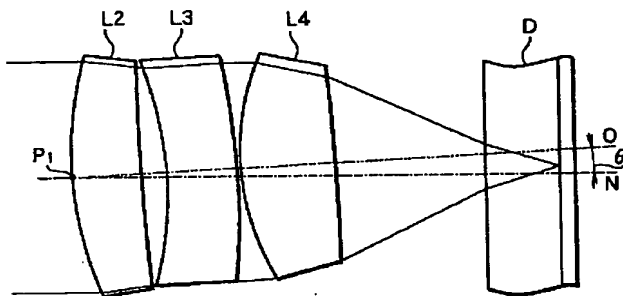
【図 9】



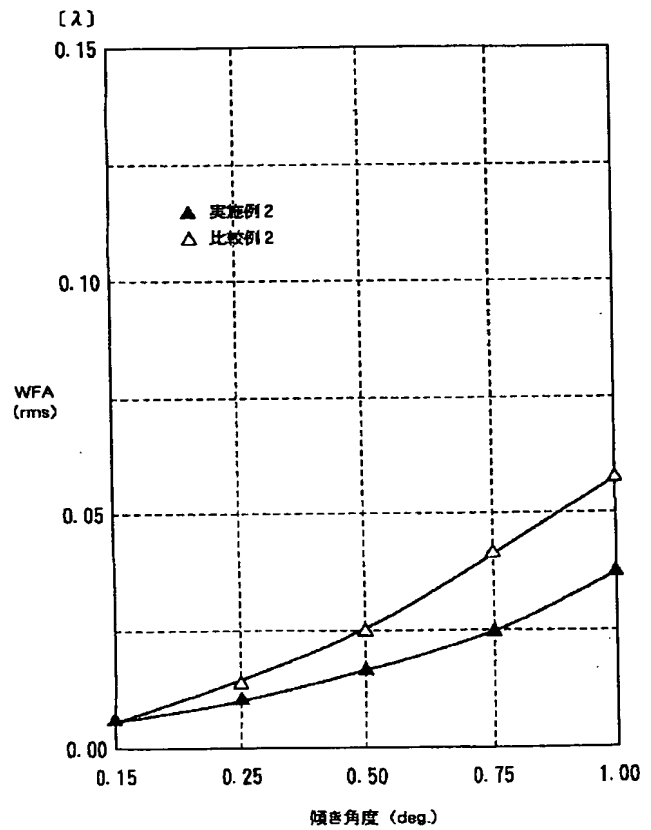
【図 10】



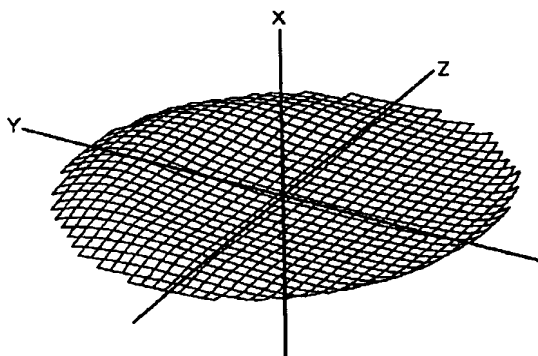
【図 11】



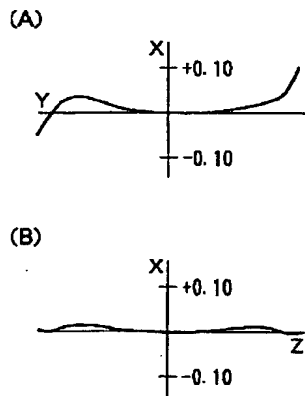
【図 12】



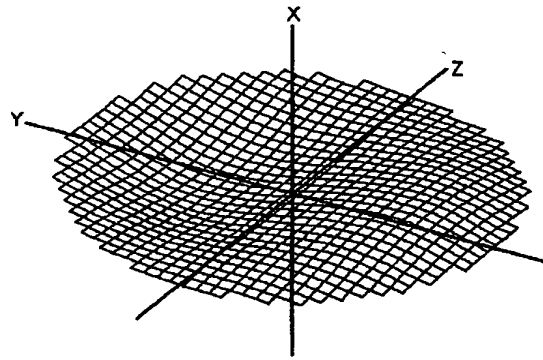
【図 13】



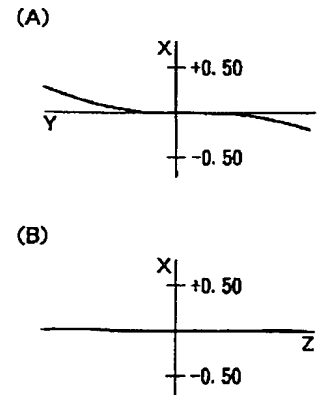
【図 1 4】



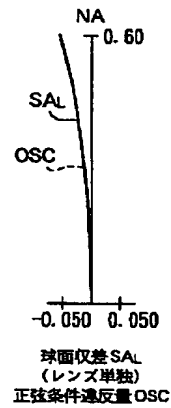
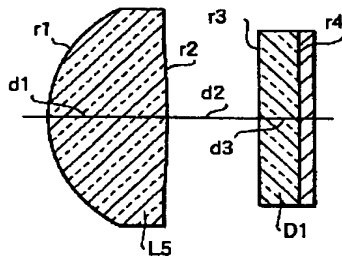
【図 1 5】



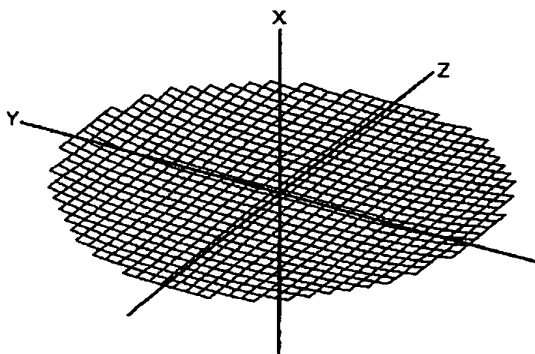
【図 1 6】



【図 1 7】



【図 1 9】



【図 2 0】

